

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
 INSTITUT NATIONAL  
 DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
 PARIS

(11) N° de publication :

2 835 603

(à n'utiliser que pour les  
 commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national :

02 01194

(51) Int Cl<sup>7</sup> : G 01 B 11/16

(12)

# DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 01.02.02.

(30) Priorité :

(43) Date de mise à la disposition du public de la  
 demande : 08.08.03 Bulletin 03/32.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de  
 recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du  
 présent fascicule*

(60) Références à d'autres documents nationaux  
 apparentés :

(71) Demandeur(s) : HOLO 3 — FR.

(72) Inventeur(s) : BOUTEYRE JACQUES, CHAMBARD  
 JEAN PIERRE, COLON ERIC et DISCHLI BERNARD.

(73) Titulaire(s) :

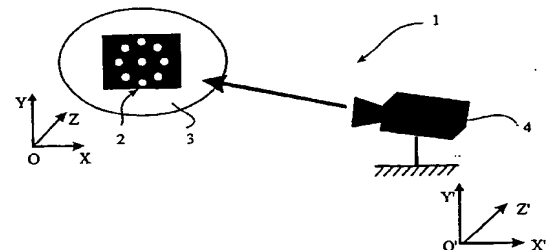
(74) Mandataire(s) : CABINET NITHARDT ET ASSOCIES.

(54) PROCÉDE ET DISPOSITIF DE MESURE OPTIQUE DU DEPLACEMENT ET/OU DE LA DEFORMATION D'UN  
 OBJET DANS AU MOINS UNE DIRECTION.

(57) La présente invention concerne un procédé et un dispositif de mesure optique, basés sur le principe du « tracking » et spécialement adaptés pour déterminer à distance et automatiquement la valeur et la direction des déplacements de faible amplitude compris entre le millimètre et le mètre linéaire avec une précision inférieure au millimètre, ce dispositif étant d'une conception simple et économique, pouvant être installé sur site rapidement et à moindre coût aussi bien de manière fixe qu'embarquée, même dans des conditions difficiles.

Le dispositif de mesure (1) comporte une cible (2) solidaire de l'objet (3) à contrôler, une caméra (4) associée à un référentiel et disposée de manière à visualiser la cible (2) et une unité de traitement agencée pour analyser l'image de la cible (2) visualisée par la caméra (4) et fournir des informations sur ledit déplacement et/ou ladite déformation. Ce dispositif de mesure (1) est caractérisé en ce que la cible (2) comporte des repères visibles tel qu'un point central (21) utilisé comme point de mesure et un ensemble de points (22) disposés en cercle (23) autour dudit point central (21) utilisé pour calibrer le dispositif de mesure (1) quelle que soit la distance entre la cible (2) et la caméra (4). Ce dispositif de mesure (1) permet de fournir la valeur métrique du

déplacement dans au moins une des trois directions X, Y, Z.  
 Applications: Contrôle d'ouvrages d'art, de bâtiments, d'équipements industriels, de cuves ou de citernes sous pression, des parties fonctionnelles d'un véhicule, etc.



FR 2 835 603 - A1



**PROCEDE ET DISPOSITIF DE MESURE OPTIQUE DU DEPLACEMENT  
ET/OU DE LA DEFORMATION D'UN OBJET DANS AU MOINS UNE  
DIRECTION**

5 La présente invention concerne un procédé et un dispositif de mesure optique du déplacement et/ou de la déformation d'un objet dans au moins une direction, comportant au moins une cible solidaire dudit objet et associée à un premier référentiel OXYZ, d'au moins une caméra associée à un second référentiel O'X'Y'Z' et disposée de manière à visualiser ladite cible et d'au moins une unité de traitement  
10 de données agencée pour analyser l'image de la cible visualisée par la caméra et fournir des informations relatives audit déplacement et/ou à ladite déformation.

Il existe différents procédés et dispositifs qui permettent de visualiser et de suivre le déplacement et/ou la déformation d'un objet au moyen d'un appareil optique tel qu'une caméra. Ces techniques sont basées sur le principe du « tracking ». Un des  
15 procédés est particulièrement adapté à l'étude de grands déplacements d'objets tels que la trajectoire d'un projectile, l'analyse des mouvements d'un sportif ou d'un acteur, le suivi des mouvements d'un robot, etc. Dans ces applications, les amplitudes de déplacement sont du domaine du mètre linéaire voire de la centaine de  
20 mètres ou du kilomètre. Les dispositifs existants ne sont pas proprement dits des équipements de mesure étant donné que les précisions recherchées ne sont pas importantes. Un autre procédé, par exemple décrit dans la publication FR-A-2 785 673, permet de détecter le déplacement de faible amplitude d'un point lumineux fixé sur un objet à l'aide d'une caméra. Il ne s'agit toutefois pas d'une mesure puisque le  
25 dispositif n'est pas calibré. De plus, le déplacement du point considéré doit se faire selon une direction prédéterminée.

Par ailleurs, dans le domaine de la vision artificielle, il existe des procédés de calibrage des caméras qui permettent de relier la position d'un point de la matrice

d'une caméra en pixels aux coordonnées métriques de ce point dans le monde réel. Toutefois, ces procédés font appel à des procédures de calibrage relativement longues utilisant des mires étalons et sont de ce fait difficilement applicables sur un site industriel dans des conditions environnementales difficiles, telles qu'en extérieur, sur  
5 un chantier ou sur une ligne de production, ou en condition embarquée.

La présente invention vise à pallier ces inconvénients en proposant un procédé et un dispositif de mesure optique, basés sur le principe du « tracking » et spécialement adaptés pour déterminer à distance et automatiquement la valeur et la direction des  
10 déplacements de faible amplitude compris entre le millimètre et le mètre linéaire avec une précision inférieure au millimètre, ce dispositif étant d'une conception simple et économique, pouvant être installé sur site rapidement et à moindre coût aussi bien de manière fixe qu'embarquée, même dans des conditions difficiles.

15 Dans ce but, l'invention concerne un procédé de mesure du genre indiqué en préambule, caractérisé en ce que l'on utilise une cible comportant des repères visibles à distance par la caméra et disposés à intervalles prédéterminés, en ce que l'on procède, avant l'étape de mesure, à au moins une étape de calibrage au moyen de ladite cible de manière à déterminer le facteur de grandissement  $G$  entre ladite cible  
20 et l'image de cette cible vue par la caméra, en ce que, pour effectuer l'étape de mesure, on visualise au moyen de ladite caméra le déplacement d'au moins un repère de la cible et en ce que l'unité de traitement de données analyse l'image de ce déplacement en fonction du facteur de grandissement  $G$  et extrait la valeur métrique dudit déplacement et/ou de ladite déformation selon au moins une des deux  
25 directions  $X$ ,  $Y$ .

Avant l'étape de calibrage, on peut effectuer une étape d'étalonnage de la caméra à l'aide d'une mire étalon comportant sur une face dans un référentiel  $O"X"Y"Z"$  des repères visibles par ladite caméra, disposés à intervalles prédéterminés et

sensiblement alignés au moins sur les axes  $X'$  et  $Y'$  de ladite caméra. Dans ce cas, on détermine un facteur correcteur représentatif des paramètres intrinsèques de la caméra et de son optique utilisé pour corriger ladite valeur métrique.

5 Pour effectuer une mesure du déplacement et/ou de la déformation de l'objet dans les trois directions  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ , on peut utiliser une cible double pourvue de deux faces perpendiculaires entre elles, chaque face comportant lesdits repères et étant associée à une caméra, ou deux caméras disposées de manière à visualiser une cible à une  
10 seule face.

10 Pour un objet volumineux, on peut utiliser plusieurs cibles, chacune étant associée à une caméra. Dans ce cas, on effectue une étape de calibrage permettant de déterminer au moins un axe de référence commun à toutes les cibles à l'aide d'une mire pourvue de repères alignés suivant cet axe de référence.

15 De manière préférentielle, les repères de la cible sont formés de points disposés en cercle, dont le rayon est connu, et, pendant l'étape de calibrage, on vérifie l'orientation correcte de la cible par rapport à l'axe optique de ladite caméra en analysant l'image du cercle vu par la caméra en forme d'ellipse et en déterminant le  
20 facteur de grandissement  $G$  pour corriger la valeur métrique.

L'invention concerne également un dispositif de mesure du genre indiqué en préambule, caractérisé en ce que la cible comporte des repères visibles à distance par la caméra et disposés à intervalles prédéterminés, ces repères étant agencés pour  
25 permettre un calibrage dudit dispositif quelle que soit la distance séparant la cible de la caméra de manière à déterminer le facteur de grandissement  $G$  entre la cible réelle et l'image de cette cible vue par la caméra.

De préférence, la cible comporte au moins une face plane sur laquelle sont prévus lesdits repères, ces repères étant formés de points disposés en cercle dont le rayon est connu, le cercle servant au calibrage dudit dispositif. Un des points du cercle ou un point central peut servir de point de mesure.

5

La cible peut être passive, les points étant réalisés par contraste sur un fond, ou active, les points étant constitués par des diodes lumineuses. Cette cible peut être soit intégrée audit objet, soit rapportée sur l'objet.

10 Le dispositif de mesure peut comporter une mire étalon agencée pour déterminer un facteur correcteur représentatif des paramètres de la caméra et de son optique, cette mire étalon comportant au moins quatre repères disposés à intervalles prédéterminés et sensiblement alignés deux à deux sur les axes X' et Y' de la caméra.

15 Il peut aussi comporter plusieurs cibles associées à deux caméras pour contrôler un objet volumineux. Dans ce cas, il comporte une mire agencée pour définir au moins un axe de référence commun aux dites cibles, cette mire pouvant comporter une masselotte agencée pour positionner la mire verticalement par gravité et un ensemble de repères alignés définissant ledit axe de référence.

20

Dans une variante de réalisation, la cible peut comporter deux faces perpendiculaires entre elles, chaque face étant pourvue de repères visibles à distance par une caméra. La caméra peut être choisie parmi au moins une caméra vidéo, l'optique pouvant être télécentrique.

25

La présente invention et ses avantages apparaîtront mieux dans la description suivante d'un exemple de réalisation, en référence aux dessins annexés, dans lesquels:

- la figure 1 représente schématiquement le dispositif de mesure optique selon l'invention,
- la figure 2 représente la cible utilisée dans le dispositif de la figure 1, et
- les figures 3 et 4 représentent une mire étalon et une mire utilisée dans le dispositif de la figure 1.

En référence aux figures, le dispositif de mesure optique 1 de l'invention comporte au moins une cible 2 fixée sur un objet 3 à étudier et associée à un premier référentiel OXYZ, au moins une caméra 4 orientée de manière à visualiser la cible 2 et associée à un second référentiel O'X'Y'Z' et au moins une unité de traitement des données (non représentée). Les premier et second référentiels sont des repères orthonormés.

L'objet 3 à étudier peut être tout objet susceptible de subir des déformations et/ou des déplacements dont l'amplitude du mouvement est relativement faible et d'une manière générale comprise entre le millimètre et le mètre linéaire. Cet objet 3 peut être fixe comme un ouvrage d'art tel que pont, tunnel, barrage, une construction telle que bâtiment, immeuble, un équipement industriel tel que châssis de machine, structure portante d'un pont roulant, cuve ou citerne sous pression, et dans ces cas, la caméra est fixe. Cet objet 3 peut être mobile comme les organes fonctionnels d'un véhicule, et dans ce cas, la caméra est embarquée à bord dudit véhicule.

La cible 2 comporte des repères visibles à distance par la caméra 4 et disposés à intervalles prédéterminés. Ces repères servent à calibrer la cible 2 pour établir une relation entre l'image de la cible visualisée par la caméra en nombre de pixels entre les repères et la cible réelle en valeur métrique entre ces repères.

Dans l'exemple représenté, les repères sont formés par des points 21, 22 visibles sur un fond 20, dont un point central 21 entouré d'un ensemble de points 22 formant un cercle 23. Dans l'exemple représenté, le centre du cercle 23 est confondu avec le point central 21, mais cette forme de réalisation n'est pas obligatoire et peut différer.

5 Le point central 21 de la cible 2 est utilisé comme point de mesure. Néanmoins, on peut utiliser comme point de mesure tout autre point 22. Le cercle 23 est utilisé pour calibrer le dispositif de mesure 1 et on dit que ce dispositif est auto-calibrant. Les points 21, 22 sont matérialisés sur le fond 20 par un simple contraste soit de couleur, d'aspect mat/brillant, d'état de surface brossé/poli, etc. et dans ce cas, on parle de

10 cible passive. Ils peuvent aussi être matérialisés par un ou plusieurs éléments lumineux tels que des diodes luminescentes, un état de surface dépoli éclairé par l'arrière, etc. et dans ce cas, on parle de cible active. On peut dans ce cas choisir d'éclairer indépendamment le point central 21 ou les points 22 du cercle 23. Cette

15 cible 2 peut faire partie intégrante de l'objet 3, le fond 20 et/ou les points 21, 22 étant par exemple peints, gravés, usinés, meulés, etc. Elle peut être également constituée d'une pièce distincte rapportée sur l'objet 3 par collage, vissage, rivetage, soudure ou tout autre moyen de fixation équivalent.

La caméra 4 est par exemple une caméra vidéo reliée à un système d'acquisition

20 d'images et l'unité de traitement des données (non représentée) est par exemple un équipement informatique apte à analyser l'image visualisée par la caméra et, par le biais de logiciels de calcul adaptés, à extraire l'information recherchée à savoir la valeur métrique et la direction du déplacement et/ou de la déformation de l'objet 3.

25 Le dispositif de mesure 1 comporte en plus une mire étalon 5 utilisée pour déterminer les paramètres intrinsèques à la caméra 4 et à son optique et notamment son facteur correcteur. Cette mire étalon 5 comporte sur une face dans un référentiel O"X"Y"Z" des repères visibles à distance par la caméra 4, ces repères étant disposés à intervalles prédéterminés et sensiblement alignés au moins sur les axes X' et Y' de la caméra 4.

De la même façon que la cible 2, les repères sont formés de points 51 matérialisés de façon passive ou active. Dans l'exemple représenté, les points 51 sont au nombre de quatre et sont disposés en carré dont on connaît avec précision la distance entre les points selon les axes X" et Y", soit  $\Delta X''$  et  $\Delta Y''$ . Ces points peuvent aussi être  
 5 disposés selon une autre forme géométrique telle qu'un rectangle.

Le dispositif de mesure 1 comporte également une mire 6 particulièrement utilisée pour définir un axe de référence commun à plusieurs cibles 2 associées à plusieurs caméras 4. C'est le cas notamment pour contrôler un objet 3 volumineux qui  
 10 nécessite plusieurs points de mesure. Cet axe de référence peut être l'axe Y et permet de corriger la verticalité des caméras 4. Dans l'exemple représenté, cette mire 6 est constituée d'une barre rectiligne 60 pourvue à son extrémité supérieure d'un pivot 61 et à son extrémité inférieure d'une masselotte 62 permettant de la positionner verticalement par simple gravité. Elle porte sur au moins une de ses faces des repères  
 15 63 alignés sur l'axe Y de référence. De la même façon que la cible 2, les repères sont formés par des points 63 matérialisés de façon passive ou active. Bien entendu d'autres types de mire équivalente peuvent être utilisés.

Avant d'utiliser le dispositif de mesure 1 selon l'invention, on procède à un  
 20 étalonnage de la caméra 4 permettant de déterminer ses paramètres intrinsèques à savoir son facteur correcteur. Pour cette étape, on place la mire étalon 5 (cf. fig. 3) perpendiculairement à l'axe optique de la caméra 4. L'espacement  $\Delta X''$  et  $\Delta Y''$  entre ses points 51 étant connu, on peut après acquisition d'une image de cette mire étalon 5 par la caméra 4 déterminer le ratio suivant :

$$25 \quad \text{Ratio} = (\Delta X' \text{ pixels} / \Delta Y' \text{ pixels}) * (\Delta Y'' \text{ mm} / \Delta X'' \text{ mm})$$

Ce ratio est un paramètre intrinsèque à la caméra 4. Il est déterminé une fois pour une caméra et une optique données. Dans le cas où l'on souhaite une grande précision de mesure, cette étape d'étalonnage permettra également de déterminer les paramètres d'aberration de l'optique de la caméra 4.



Pour utiliser le dispositif de mesure 1 selon l'invention, on place la caméra 4 sur un support stable tel qu'un sol, une dalle, un châssis, la caisse d'un véhicule dans le cas où le dispositif est embarqué, etc., ce support stable définissant le référentiel O'X'Y'Z' de la caméra 4. On positionne cette caméra 4 face à la cible 2 située sur l'objet 3 à étudier, cette cible 2 étant, comme précisé précédemment, intégrée ou rapportée sur cet objet 3.

On procède ensuite à une étape de calibrage du dispositif de mesure 1 à partir de l'image de la cible 2 acquise par la caméra 4 en analysant l'image du cercle 23 formé par les points 22 et dont on connaît le rayon R.

Dans la pratique, la cible 2 est rarement placée strictement perpendiculairement à l'axe optique de la caméra 4 alors l'image du cercle 23 est une ellipse. C'est pourquoi on cherche sur cette ellipse les dimensions du petit axe et du grand axe.

La dimension en pixels du grand axe permet de déterminer le facteur de grandissement G :

$$G = R_{mm}/R_{grand-axe \text{ pixels}}$$

La dimension en pixels du petit axe permet de vérifier le bon positionnement relatif de la cible 2 par rapport à la caméra 4 qui doit être sensiblement perpendiculaire à son axe optique :

$$K = R_{petit-axe \text{ pixels}}/R_{grand-axe \text{ pixels}} \text{ et } K \text{ doit être proche de } 1.$$

Après vérification que le paramètre K est suffisamment proche de 1 et après détermination du facteur de grandissement G, la mesure du déplacement et/ou de la déformation peut être effectuée en suivant les mouvements du point central 21 de la

cible 2 ou de tout autre point 22 connu. Ces mouvements mesurés en pixels sont convertis en mm à l'aide du facteur de grandissement G et du facteur Ratio.

5 Dans ces conditions, les données recueillies par l'unité de traitement de données sont les coordonnées X et Y en mm du déplacement du point central 21 de la cible 2. Ces données sont exprimées dans un repère orthonormé tel que OXY est situé dans le plan de la cible. En d'autres termes, on mesure la projection du vecteur de déplacement dans le plan de la cible 2.

10 Dans le cas où l'on souhaite une orientation particulière de ce repère OXY, on peut imposer un axe privilégié tel que par exemple l'axe vertical Y matérialisé par la mire 6 (cf. fig. 4) telle que décrite précédemment. Il suffit ensuite d'effectuer le changement de repère correspondant à la rotation éventuelle existant entre une colonne de pixels et l'axe vertical Y matérialisé par la mire 6. L'utilisation d'une  
15 mire 6 permet par exemple de définir un axe de référence commun à plusieurs dispositifs de mesure 1 indépendants associés à un même objet 3.

Ces opérations de calibrage et de changement de repère sont traitées par un logiciel adapté. Les phases de calibrage sont quasi instantanées et permettent ainsi une mise  
20 en œuvre rapide sur site du dispositif de mesure 1. On obtient donc, en très peu de temps d'installation, une mesure fiable de déplacement et/ou de déformation dans une ou deux directions selon les axes X et Y.

Pour des amplitudes de déplacement importantes, lorsque le point de mesure de la  
25 cible 2 qui est suivi par la caméra 4 s'approche du bord du champ de l'image de la caméra 4, une erreur de mesure est commise systématiquement. En effet, si on mesure la projection du vecteur de déplacement dans le plan OXY de la cible 2, cette projection n'est plus normale lorsqu'on s'approche du bord de l'image en raison de l'angle de champ. Pour un angle de champ de 20 degrés, cette erreur est de 3 %. Pour

réaliser des mesures de grande précision, on aura donc intérêt à utiliser une caméra pourvue d'une optique télécentrique qui supprime complètement cet effet.

5 Le dispositif de mesure 1 selon l'invention peut également réaliser une mesure de déplacement et/ou de déformation dans les trois directions selon les axes X, Y et Z. Deux méthodes sont possibles.

10 Une première méthode consiste à utiliser une cible double ayant deux faces perpendiculaires, chaque face comportant des repères visibles à distance tel qu'un point central 21 et des points 22 formant un cercle 23. On associe à cette cible double deux caméras 4 sensiblement perpendiculaires et visualisant chacune une des faces de la cible double. Chaque caméra 4 effectue alors une mesure de déplacement en deux dimensions, respectivement selon les axes X, Y et les axes Y, Z. La composition de ces déplacements en deux dimensions fournit le vecteur de  
15 déplacement en trois dimensions. Cette méthode nécessite de positionner deux caméras 4 approximativement perpendiculaires l'une de l'autre.

20 Une deuxième méthode consiste à utiliser deux caméras 4 positionnées de façon à observer la même cible 2 à une seule face comme celle décrite en référence à la figure 2. On oriente la cible 2 de façon à ce que le plan contenant l'axe optique des deux caméras 4 soit perpendiculaire au plan de la cible 2, ce qui peut être contrôlé par l'angle formé par les directions des petits axes vus par les deux caméras 4 qui doit être proche de zéro. Si ce n'est pas le cas, il faut modifier l'orientation de la cible 2 de façon à ce que le plan contenant l'axe optique des caméras 4 soit perpendiculaire  
25 au plan de cette cible 2.

L'observation du cercle 23 par chacune des caméras 4 permet d'obtenir les paramètres suivants :

Facteur de grandissement de la caméra1  $G1 = R_{mm}/R_{grand-axe1}$

Facteur de grandissement de la caméra2  $G2 = R_{mm}/R_{grand-axe2}$

Angle de l'axe optique de la camera1 par rapport à la normale à la cible 2 :

5 
$$K1 = R_{petit-axe1}/R_{grand-axe} = \cos(\alpha1)$$

Angle de l'axe optique de la camera2 par rapport à la normale à la cible 2 :

$$K2 = R_{petit-axe2}/R_{grand-axe} = \cos(\alpha2)$$

10 Les paramètres  $G1$ ,  $G2$ ,  $K1$ ,  $K2$  permettent de transformer les mouvements du point central 21 de la mire 2, ou de tout autre point 22 connu, observé par les deux caméras 4 :  $X'1$ ,  $Y'1$  pour la caméra1 et  $X'2$ ,  $Y'2$  pour la caméra2, en trois composantes du vecteur de déplacement dans un repère orthonormé OXYZ associé à la cible 2 et défini par :

15 OY : axe parallèle au petit axe de la cible 2 observée par les deux caméras 4  
OX : axe perpendiculaire à Y et dans le plan de la cible 2  
OZ : axe normal au plan de la cible 2

Ces composantes sont les suivantes :

20 
$$Z = (X'1/\cos(\alpha1) - X'2/\cos(\alpha2)) / (tg(\alpha1) + tg(\alpha2))$$
  
$$X = X'2/\cos(\alpha2) + Z * tg(\alpha2)$$
  
$$Y = Y'1 = Y'2$$

25 Ainsi, l'association de deux caméras 4 et d'une cible 2 simple permet de mesurer le déplacement d'un point de la cible 2 en trois dimensions après une étape de calibrage du dispositif de mesure 1 similaire à celle décrite ci-dessus dans le cas de la mesure en deux dimensions.

La description montre clairement que l'invention permet d'atteindre les buts fixés et notamment de fournir un dispositif de mesure 1 auto-calibré, simple, économique et

fiable, pouvant être placé dans des situations très variées pour mesurer avec précision tout déplacement et/ou déformation d'un objet 3, aussi bien en version fixe qu'en version embarquée.

- 5 La présente invention n'est pas limitée aux exemples de réalisation décrits mais s'étend à toute modification et variante évidentes pour un homme du métier tout en restant dans l'étendue de la protection définie dans les revendications annexées.

Revendications

1. Procédé de mesure optique du déplacement et/ou de la déformation d'un objet (3) dans au moins une direction, à l'aide d'au moins une cible (2) solidaire dudit objet et associée à un premier référentiel OXYZ, d'au moins une caméra (4) associée à un second référentiel O'X'Y'Z' et disposée de manière à visualiser ladite cible (2) et d'au moins une unité de traitement de données agencée pour analyser l'image de la cible visualisée par la caméra et fournir des informations relatives audit déplacement et/ou à ladite déformation, caractérisé en ce que l'on utilise une cible (2) à au moins une face comportant des repères (21, 22) visibles à distance par ladite caméra (4) et disposés à intervalles prédéterminés, en ce que l'on procède, avant l'étape de mesure, à au moins une étape de calibrage au moyen de ladite cible de manière à déterminer le facteur de grandissement G entre la cible et l'image de cette cible vue par la caméra, en ce que, pour effectuer l'étape de mesure, on visualise au moyen de ladite caméra le déplacement d'au moins un repère de la cible et en ce que l'unité de traitement de données analyse l'image de ce déplacement en fonction du facteur de grandissement G et extrait la valeur métrique dudit déplacement et/ou de ladite déformation selon au moins une des deux directions X, Y.
2. Procédé de mesure selon la revendication 1, caractérisé en ce que, avant l'étape de calibrage, on effectue une étape d'étalonnage de la caméra (4) à l'aide d'une mire étalon (5) comportant sur une face dans un référentiel O"X"Y"Z" des repères (51) visibles par ladite caméra, disposés à intervalles prédéterminés et sensiblement alignés au moins sur les axes X' et Y' de ladite caméra, on détermine un facteur correcteur représentatif des paramètres intrinsèques de la caméra et de son optique utilisé pour corriger ladite valeur métrique.
3. Procédé de mesure selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on utilise une cible double pourvue de deux faces perpendiculaires entre elles, chaque face

comportant lesdits repères, en ce que l'on associe à chaque face de la cible double une caméra (4), en ce que l'on procède, avant l'étape de mesure, à au moins une étape de calibrage au moyen de ladite cible de manière à déterminer les facteurs de grandissement G entre chaque face de la cible et l'image de cette face vue par la  
5 caméra, en ce que, pour effectuer l'étape de mesure, on visualise par chaque caméra le déplacement d'au moins un repère de chaque face de la cible double et en ce que l'unité de traitement de données analyse les images de ces déplacements en fonction des facteurs de grandissement G et extrait la valeur métrique dudit déplacement et/ou de ladite déformation selon au moins une des trois directions X, Y, Z.

10

4. Procédé de mesure selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on utilise deux caméras (4) disposées de manière à visualiser ladite cible (2), en ce que l'on procède, avant l'étape de mesure, à au moins une étape de calibrage au moyen de ladite cible de manière à déterminer les facteurs de grandissement G entre la cible et l'image de  
15 cette cible vue par chaque caméra ainsi que l'angle entre l'axe optique de chaque caméra et la perpendiculaire au plan de la cible, en ce que, pour effectuer l'étape de mesure, on visualise par les deux caméras le déplacement d'au moins un repère de la cible et en ce que l'unité de traitement de données analyse les images de ce déplacement en fonction des facteurs de grandissement G et des angles et extrait la  
20 valeur métrique dudit déplacement et/ou de ladite déformation selon au moins une des trois directions X, Y, Z.

5. Procédé de mesure selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on utilise au moins deux cibles (2), chacune étant associée à une caméra (4), et en ce qu'on effectue une étape de calibrage permettant de déterminer au moins un axe de  
25 référence commun aux deux cibles à l'aide d'une mire (6) pourvue de repères (63) alignés suivant cet axe de référence.

6. Procédé de mesure selon la revendication 5, caractérisé en ce que la mire (6) comporte une masselotte (62) agencée pour positionner ladite mire verticalement par gravité, l'axe de référence correspondant à une verticale selon l'axe Y.

5 7. Procédé de mesure selon la revendication 1, caractérisé en ce que les repères de la cible (2) sont formés de points (22) disposés en cercle (23) dont le rayon est connu, en ce que, pendant l'étape de calibrage, on vérifie l'orientation correcte de la cible par rapport à l'axe optique de ladite caméra en analysant l'image du cercle (23) vu par la caméra en forme d'ellipse et en faisant le rapport entre les dimensions du petit  
10 axe et du grand axe de cette ellipse, la dimension du grand axe permettant de déterminer ledit facteur de grandissement G.

8. Dispositif de mesure (1) optique du déplacement et/ou de la déformation d'un objet dans au moins une direction, comportant au moins une cible (2) solidaire dudit  
15 objet (3) et associée à un premier référentiel OXYZ, au moins une caméra (4) associée à un second référentiel O'X'Y'Z' et disposée de manière à visualiser ladite cible (2) et au moins une unité de traitement agencée pour analyser l'image de la cible visualisée par la caméra et fournir des informations sur ledit déplacement et/ou  
20 ladite déformation, caractérisé en ce que ladite cible (2) comporte sur au moins une face des repères (21, 22) visibles à distance par ladite caméra (4) et disposés à intervalles prédéterminés, ces repères étant agencés pour permettre un calibrage dudit dispositif de mesure (1) quelle que soit la distance entre la cible et la caméra de manière à déterminer le facteur de grandissement G entre la cible et l'image de cette cible vue par la caméra.

25

9. Dispositif de mesure selon la revendication 8, caractérisé en ce que ces repères sont formés de points (22) disposés en cercle (23) dont le rayon est connu, le cercle (23) servant au calibrage dudit dispositif de mesure (1) et un des points (22) du cercle servant de point de mesure.



- 5 10. Dispositif de mesure selon la revendication 8, caractérisé en ce que les repères sont formés de points (22) disposés en cercle (23) dont le rayon est connu autour d'un point central (21), le cercle (23) servant au calibrage dudit dispositif de mesure et le point central (21) servant de point de mesure.
11. Dispositif de mesure selon la revendication 9 ou 10, caractérisé en ce que la cible (2) est passive, les points (21, 22) étant réalisés par contraste sur un fond.
- 10 12. Dispositif de mesure selon la revendication 9 ou 10, caractérisé en ce que la cible (2) est active, les points (21, 22) étant constitués par des diodes lumineuses.
13. Dispositif de mesure selon la revendication 8, caractérisé en ce que la cible (2) est intégrée audit objet (3).
- 15 14. Dispositif de mesure selon la revendication 8, caractérisé en ce que la cible (2) est rapportée sur ledit objet (2).
- 20 15. Dispositif de mesure selon la revendication 8, caractérisé en ce qu'il comporte une mire étalon (5) agencée pour déterminer un facteur correcteur représentatif des paramètres de la caméra (4) et de son optique.
- 25 16. Dispositif de mesure selon la revendication 15, caractérisé en ce que la mire étalon (5) comporte au moins quatre repères (51) disposés à intervalles prédéterminés et sensiblement alignés sur les axes X' et Y' de ladite caméra.
17. Dispositif de mesure selon la revendication 8, caractérisé en ce qu'il comporte au moins deux cibles (2) associées à deux caméras (4) et en ce qu'il comporte une mire (6) agencée pour définir au moins un axe de référence commun aux dites cibles.

18. Dispositif de mesure selon la revendication 17, caractérisé en ce que ladite mire (6) comporte une masselotte (62) agencée pour positionner la mire verticalement par gravité et en ce que cette mire comporte un ensemble de repères (63) alignés définissant ledit axe de référence.

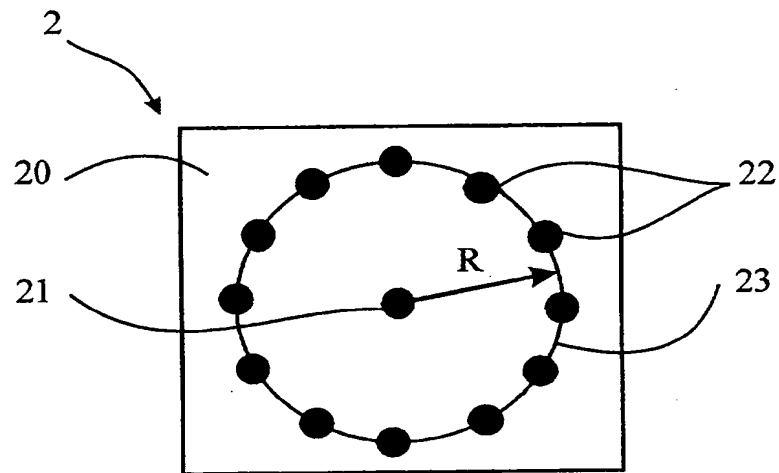
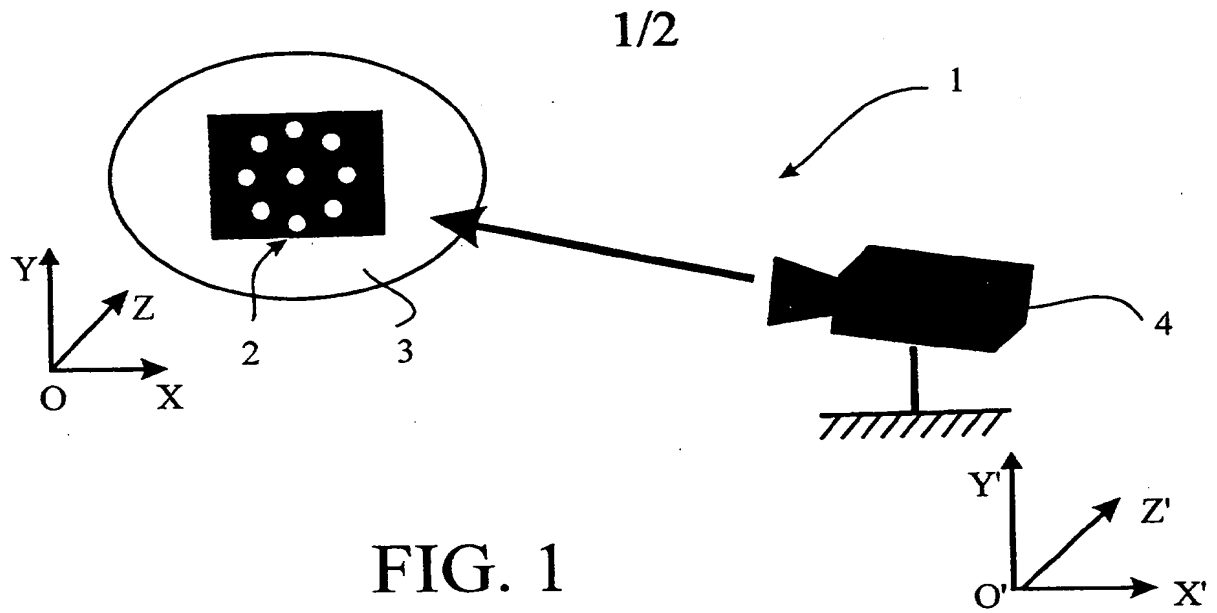
5

19. Dispositif de mesure selon la revendication 8, caractérisé en ce que la cible comporte deux faces perpendiculaires entre elles, chaque face étant pourvue de repères visibles à distance par une caméra.

10

20. Dispositif de mesure selon la revendication 8, caractérisé en ce que ladite caméra (4) est choisie parmi au moins une caméra vidéo équipée ou non d'une optique télécentrique.

15



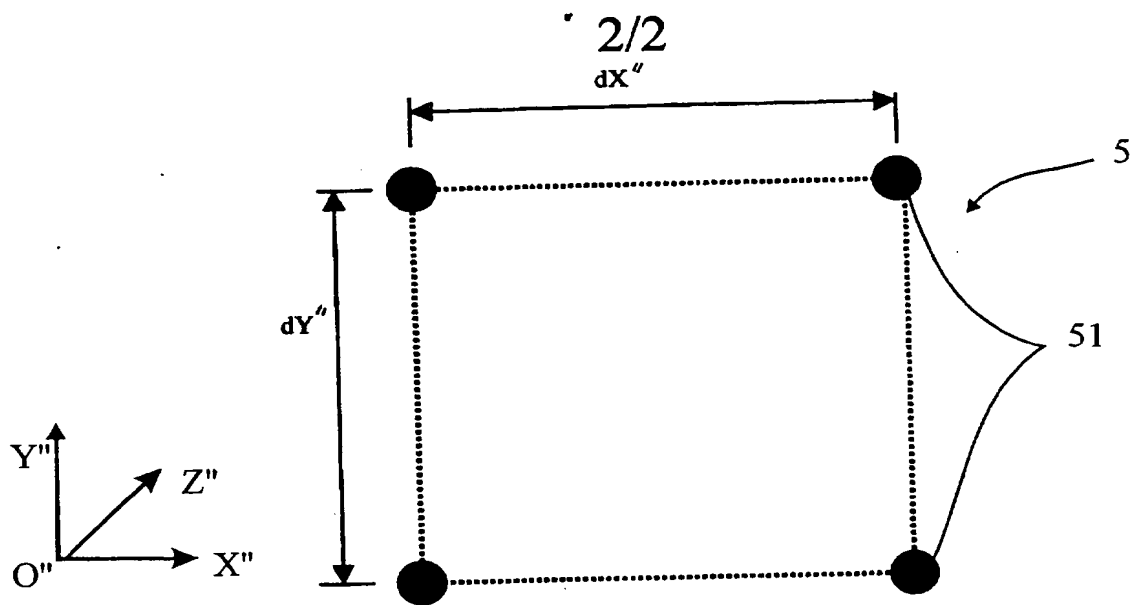


FIG. 3

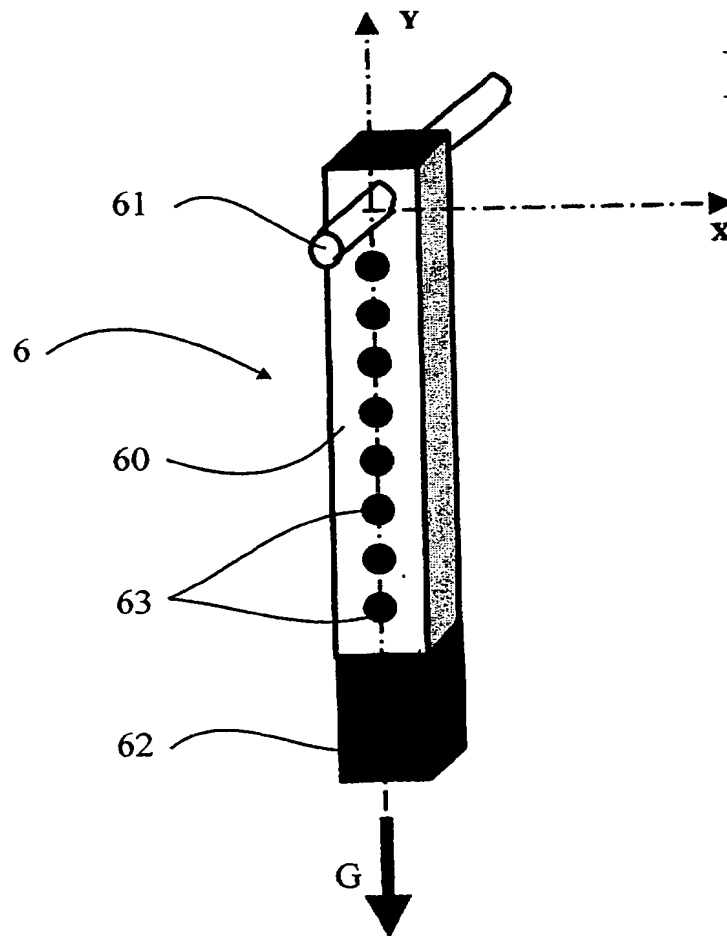


FIG. 4



2835603

N° d'enregistrement  
national

# RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

FA 614255  
FR 0201194

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X A	GB 2 005 950 A (SECRETARY OF STATE FOR INDUSTRY) 25 avril 1979 (1979-04-25)  * ensemble du brevet * * figures 1-8 *	1-5,8, 11-17, 19,20 7,9,10	G01B11/16
X A	US 5 642 293 A (D.W. MANTHEY, DAERYONG LEE) 24 juin 1997 (1997-06-24)  * ensemble du brevet * * figures 1-7 *	1-4,8, 15,16, 19,20 6,7,9, 11,12,18	
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN & JP 58 053707 A (TOSHIBA CORP.), 30 mars 1983 (1983-03-30) * abrégé *	1,2,4,8, 10, 15-17,20	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)
			G01B G01D
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
31 octobre 2002		Visser, F	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>			

1

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE****RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0201194 FA 614255**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 31-10-2002

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
GB 2005950	A	25-04-1979	DE 2843740 A1	19-04-1979
			FR 2405459 A1	04-05-1979
			US 4238828 A	09-12-1980
US 5642293	A	24-06-1997	AUCUN	
JP 58053707	A	30-03-1983	AUCUN	

EPO FORM P0465

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82